FISICA para arquitectos (Apuntes)

Recopilación y resúmen

Arq. Constanza Murcia

FÍSICA
Para arquitectos
(APUNTES)



Recopilación y resúmen:
Arquitecta CONSTANZA MURCIA
Profesora Facultad de Arquitectura
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
TUNJA

Asesoría Técnica y estructural
JOSE HUGO MARTÍNEZ T.
Ingeniero de Estructuras

Primera edición
Abril 2011

Diseño y diagramación
Arq. Constanza Murcia y
Departamento de Comunicaciones
Universidad Santo Tomás - Tunja

Impreso Editorial
Tunja - Boyacá

ÍNDICE

1 DEFINICIÓN

Física es un término que proviene del griego “*phisisy*” que significa realidad o naturaleza. Es la ciencia que estudia las propiedades generales de la naturaleza y con la asistencia del lenguaje matemático, establece las leyes de los fenómenos naturales. La física se encarga de las propiedades de la materia, la energia, el tiempo y sus interacciones.

Es la disciplina académica mas antigua a traves del estudio de la astronomía. Esta tarea comenzó hace mas de dos mil años con los primeros trabajos de los filosofos griegos (Demócrito, Epicuro o Aristóteles)

Es la ciencia encargada de estudiar la materia, la energía y las leyes que tienden a modificar su estado y movimiento sin alterar su naturaleza.

ESPACIO, TIEMPO Y MASA

1

2 PARTES DE LA FÍSICA

ACÚSTICA

- Estudia la propagación y absorción de las ondas sonoras.

ONDULATORIA

- Estudio de las ondas producidas por el sonido y las vibraciones

Movimiento armónico simple

Es un movimiento periódico que queda descrito en la función del tiempo por una función armónica. Se define como un movimiento periódico producido por una fuerza recuperadora.

Movimiento ondulatorio

Onda.

Es una perturbación que viaja a través del espacio o en un medio elástico transportando energía sin que haya desplazamiento de la masa. Consiste en oscilaciones (variaciones en el tiempo de un medio o sistema) que se propaga en el espacio.

Sonido.

Es una onda mecánica longitudinal porque las partículas del medio vibran en dirección de la propagación de las

ondas. Las ondas sonoras se producen al vibrar la materia. Ej. El golpe en la campana.

Vibración es causada por todos los sonidos y el aire sirve como medio para su propagación.

ELECTRICIDAD

Electrostática: cargas eléctricas.

Estudia los fenómenos producidos por distribuciones de cargas eléctricas, esto es, el campo electrostático de un cuerpo cargado. Es un fenómeno que se debe a la acumulación de cargas eléctricas en un objeto, se produce cuando ciertos materiales se frotan uno con otro. El proceso de frotamiento causa que se retiren los electrones de la superficie del material y se reubiquen en la superficie del otro material que ofrece niveles energéticos mas favorables.

La energía Potencial es la capacidad que tienen los cuerpos para realizar un trabajo (W) debido a la configuración que tengan en un sistema de cuerpos que ejercen fuerzas entre si. Se puede tomar como la energía almacenada en un sistema o como una medida del tiempo de trabajo que un sistema puede entregar.

Electrodinámica

Estudia la corriente eléctrica:

MAGNETISMO

Electromagnetismo

Interacción de campos eléctricos y magnéticos. Campo magnético es el flujo magnético por unidad de área; es una región del espacio en el cual una carga eléctrica puntual de un determinado valor se desplaza a una velocidad, sufre los efectos de una fuerza que es perpendicular y proporcional, tanto a la velocidad como al campo, llamada inducción magnética o densidad de flujo magnético.

Electrónica

Estudia las propiedades de los electrones. Es la rama de la física y especialización de la ingeniería que estudia y emplea sistemas cuyo funcionamiento se basa en la conducción y control del flujo microscópico de electrones y otras partículas cargadas eléctricmente.

FÍSICA ATÓMICA

Estudio teórico y experimental las propiedades y leyes del átomo aislado.

MECÁNICA

Estudia las leyes relacionadas con las fuerzas y el movimiento de la materia.

Estática

Estudia las leyes de equilibrio de los cuerpos sometidos a la acción de las fuerzas.

Cinemática

Estudia el movimiento demlos objetos con independencia de las fuerzas que lo producen. Se dice que un cuerpo está en movimiento cuando al transcurrir en tiempo ocupa lugares distintos; la posición se da siempre en relación con un sistema de referencia.

Dinámica o Cinética

Estudia el movimiento según las fuerzas que lo producen.
Se clasifica en:
- Dinámica: de los sólidos
- Dinámica: de los líquidos o hidrodinámica
- Dinámica: de los gases o aerodinámica

FLUÍDOS

Hidrostática

Estudia el equilibrio de los fluidos en reposo

Hidrodinámica

Estudia el movimiento de los fluidos

ÓPTICA

Estudia la producción, propagación y absorción de las ondas visibles. Es el estudio de todas las radiaciones emitidas por las fuentes luminosas que impresionan o no la retina.

Fotometría

Estudia la medición de la luz

Colorimetría

Estudio sobre el color

TERMOLOGÍA

Estudia los fenómenos en los cuales intervienen el calor y la temperatura.

Calor

Por cantidad de calor que se encuentra en un cuerpo se entiende el contenido energético que posee este cuerpo en forma de energía cinética debido al movimiento desordenado de sus moléculas.

Temperatura o efectos del calor

La temperatura es la medida del valor medio de la energía cinética de las moléculas aisladas. Es una magnitud que determina el sentido en el que tienen lugar los cambios caloríficos entre los cuerpos

Calorimetría

Estudia el calor que se desprende de los procesos biológicos, físicos o químicos

Termodinámica

Estudia las relaciones entre el calor y las restantes formas de energía, los fenómenos en los que existe la transformación de energía mecánica en calorífica o viceversa, “fenómenos termodinámicos”.

3



Estructuras reticuladas fig. 2.1



Cáscaras y reticulados fig. 2.2



Estructura en acero y concreto fig. 2.3

3 - ESTÁTICA

Parte de la mecánica que estudia las leyes de equilibrio de los cuerpos sometidos a la acción de las fuerzas

Estudia los problemas de equilibrio de los cuerpos rígidos. Aunque ningún cuerpo es absolutamente rígido y todos los cuerpos se deforman bajo la acción de las cargas, esta deformación es muy pequeña y en algunos casos hasta se puede desechar en el momento de estudiar las condiciones de equilibrio. Las deformaciones son tratadas en el capítulo sobre la resistencia de materiales y la teoría de la elasticidad.

La estática establece las condiciones que deben cumplir las fuerzas que se aplican a un cuerpo para que este se halle en equilibrio.

Fuerza

Es toda acción que tiende a alterar el estado de reposo de un cuerpo sobre el cual se aplique.

Se conocen como fuerzas las siguientes:

- Fuerza de gravitación o peso propio.
- Presión del viento sobre las paredes de un edificio
- La presión atmosférica
- La resistencia de rozamiento entre dos superficies
- Las ***fuerzas sísmicas***

Vector

Vector es la representación de una fuerza.

Una fuerza es definida por su: magnitud, sentido y punto de aplicación.

Magnitud

La magnitud de una fuerza se representa mediante la longitud del vector (fig. 3.1)

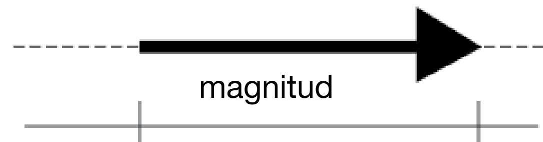


fig.3.1

Dirección y Sentido

El sentido y la dirección se representan mediante la dirección de la flecha (fig. 3.2).

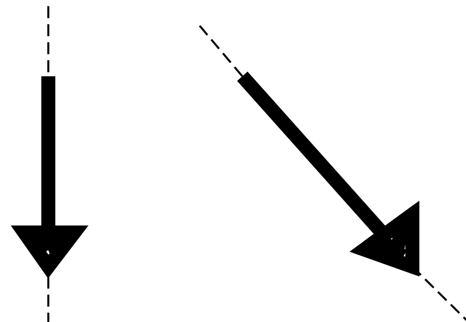


fig.3.2

Punto de aplicación

- Es el punto del cuerpo en el que puede suponerse concentrada o aplicada la fuerza (fig. 3.3).

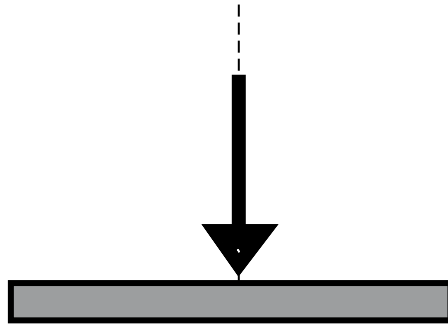


fig. .3.3

EQUILIBRIO

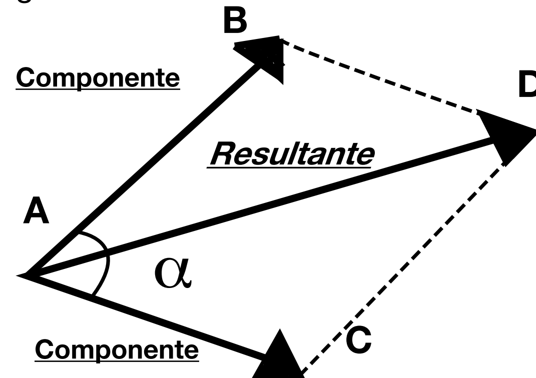
Estado de reposo de un cuerpo resultante de la acción de fuerzas que se contrarrestan. Cuando cualquier sistema de fuerzas actúa sobre un cuerpo, el problema general de la estática consiste en hallar las condiciones que el sistema debe cumplir para mantener el equilibrio del cuerpo

Aplicando los principios de la estática se pueden solucionar los problemas del equilibrio:

Primer principio.

Paralelogramo de fuerzas

Si dos fuerzas representadas por los vectores AB y AC que forman entre sí un ángulo α están aplicadas a un cuerpo en el punto A, su acción es equivalente a la de una única fuerza, representada por el vector AD, obtenida como diagonal del paralelogramo construido sobre los vectores AB y AC y dirigida en la forma que indica la figura:



Paralelogramo de fuerzas
fig.3.4

La fuerza AD constituye la resultante de las dos fuerzas AB Y AC, las cuales se denominan componentes de la fuerza AD (fig. 3.4). Lo anterior equivale a decir que una fuerza es equivalente a sus componentes y viceversa.

Segundo principio

Dos fuerzas pueden estar en equilibrio únicamente en el caso en que sean de igual magnitud y que actuando a lo largo de la misma recta de acción, tengan direcciones opuestas (fig. 3.5).

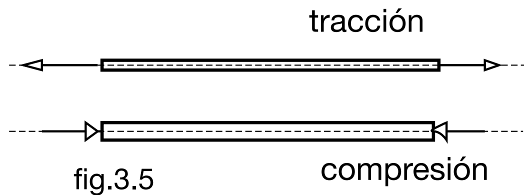


fig.3.5

Tercer principio

Cualquier presión ejercida sobre un apoyo determina una presión y de sentido contrario por parte del apoyo, de manera que acción y reacción son dos fuerzas iguales y de sentido contrario.

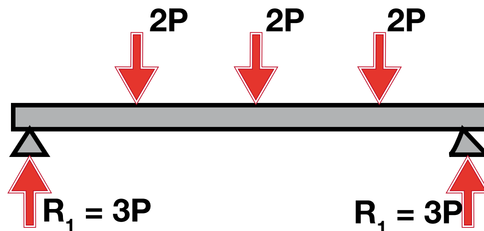


fig.3.6

La sumatoria de las fuerzas de acción es igual a la sumatoria de las reacciones (fig. 3.6).

$$2P + 2P + 2P = R_1 + R_2$$

LEY DE LAS PALANCAS

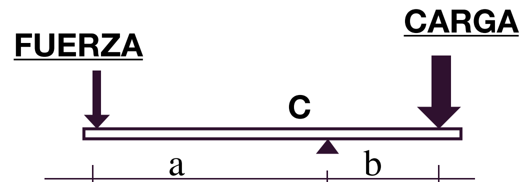
Se conoce como palanca a la barra rígida, móvil alrededor de un punto de apoyo, (llamado ***fulcro***) que sirve para transmitir una fuerza.
`

Se utiliza para amplificar la fuerza mecánica que se aplica a un objeto, para incrementar la distancia recorrida o su velocidad en respuesta a la aplicación de una fuerza. La finalidad de la palanca es poder mover una carga grande a partir de una fuerza o potencia pequeña.

Son de dos tipos o género:
Palanca de primer género o

Palanca de dos brazos

En esta el punto de apoyo **C** se encuentra situado entre la palanca la fuerza (potencia) y la carga (resistencia). (fig. 3.7). Ejemplos: balancín, tijeras, tenazas, alicates, remos (figs. 3.9, 3.10).

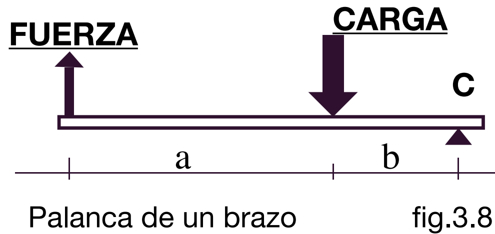


Palanca de dos brazos fig.3.7

Palanca de segundo género o

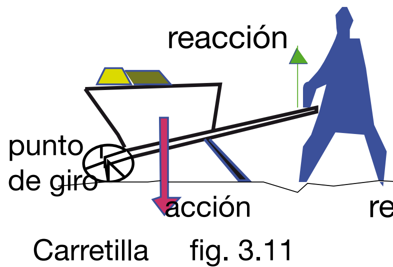
Palanca de un solo brazo

En esta la carga (resistencia) se encuentra entre el punto de apoyo **C** y la fuerza (potencia) (fig. 3.8)
Ejemplos: la carretilla y el cascanueces (figs. 3.11 y 3.12).

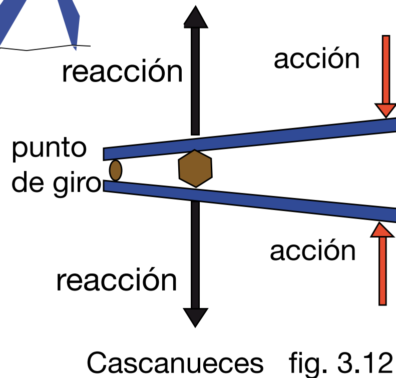


Palanca de un brazo fig.3.8

Palancas de un brazo



Carretilla fig. 3.11

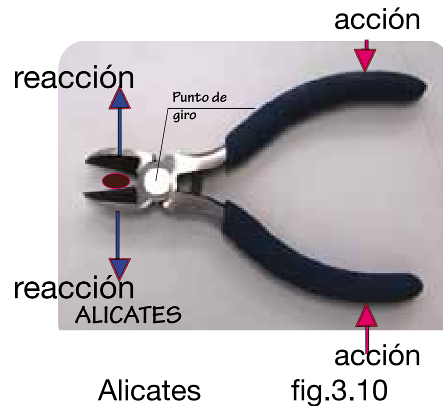


Cascanueces fig. 3.12

Palancas de dos brazos



Tijeras fig. 3.9



Alicates fig.3.10

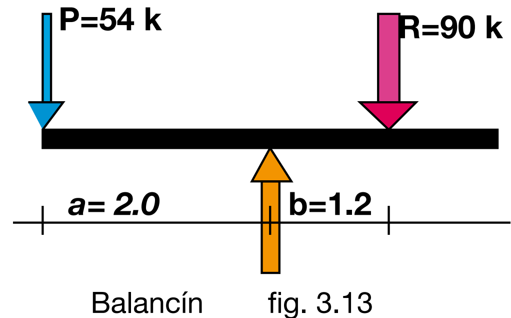
El funcionamiento de la palanca está basado en una Ley que se denomina Ley de los momentos. Si se analiza el caso de un balancín el que al lado derecho se ubica un a persona de 54 kilos y en el de la izquierda se sienta una de 90 kilos; para que el balancín funcione la persona de mayor peso deberá situarse más cerca del punto de giro y la delgada deberá hacerlo en el extremo de brazo.

Por un lado se tienen las dos fuerzas del peso de cada persona que actúan hacia abajo y por otro la fuerza de reacción que actúa hacia arriba. El peso de 90 kilos haría girar el balancín en el sentido de las aguja del reloj y el de 54 en la haría girar en el sentido contrario; como el balancín permanece en equilibrio, la capacidad para producir giro de una fuerza no depende solamente de su valor sino de la distancia que hay entre el punto de giro y el punto de aplicación de cada fuerza, lo que se llama <u>*brazo*</u>. Cuanto mayor sea el brazo mayor será la capacidad de giro y esta capacidad se le llama *momento*.

El balancín es una palanca y como cualquier palanca sobre ella actúan tres fuerzas (fig. 3.13).

El *momento* de una fuerza se obtiene multiplicando la longitud del brazo por el valor de la fuerza.

M1 = - (a x P)



Balancín fig. 3.13

Fuerza x brazo = Carga x brazo

M2 = + (b x R)
M1 = -(90 x 1.20) = 108 k-m
M2 = +(54 x 2.0) = 108 k-m

Los momentos son iguales; esta es la condición de equilibrio de una palanca y la ley de equilibrio de los momentos.

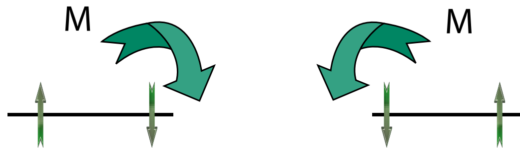
Una palanca estará en equilibrio cuando el momento ejercido por la potencia sea igual al momentp ejercido por la resistencia. Si los momentos no son iguales, el sistema gira, imponiendo el sistema de giro la fuerza que produce un momento mayor.
Matemáticamente la ley de equilibrio de la palanca se puede expresar:

P x a = R x b

Donde **P** es la potencia, **a** la longitud de su brazo, **R** la resistencia y **b** la lon-

gitud de su brazo. Cuanto mayor sea el valor de **a** mayor será el peso que se podrá mover.

Los momentos o pares de fuerza se representan por medio de una flecha curva según el sentido del giro.



Sentido del giro del par de fuerzas
fig. 3.14

MOMENTO DE GIRO

Una fuerza produce un momento cuando hay una distancia diferente de cero entre la fuerza y sus reacciones y cuando actúa en un material rígido capaz de absorber momentos (fig. 3.14).

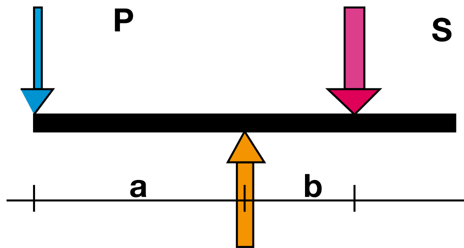


fig. 3.15

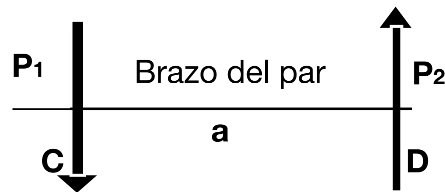
$$M1 = -\,a \times P$$

$$M2 = +\,b \times S$$

$$\sum M = 0$$

PAR DE FUERZAS

Se denomina par de fuerzas a un sistema de dos fuerzas iguales y paralelas que actúan al mismo tiempo sobre un cuerpo en direcciones opuestas (fig. 3.15). Este sistema no puede reducirse a una única fuerza resultante por estar compuesto por dos fuerzas paralelas.



Brazo del par de fuerzas
fig. 3.16

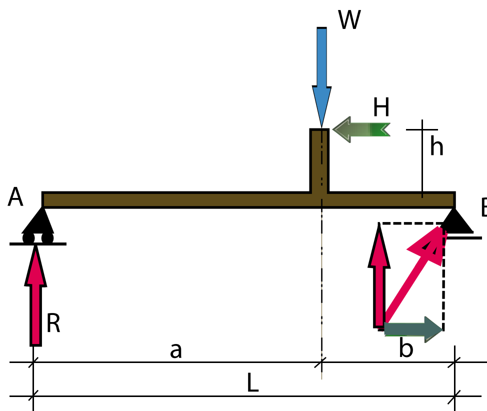
La suma algebraica de los momentos de las dos fuerzas del par es independiente de la posición en el plano del par, del punto de giro de los momentos y es igual al producto de la magnitud de cualquiera de las fuerzas por el brazo del par (fig. 3.16).

En resúmen un cuerpo está en equilibrio bajo la acción de las cargas externas (W y H), cuando se cumplen las tres condiciones :

$\sum$ **Fuerzas verticales = 0**

$\sum$ **Fuerzas horizontales = 0**

$\sum$ **Momentos = 0**



Equilibrio de las fuerzas
fig. 3.17

<u>BARICENTRO o CENTRO DE GRAVEDAD</u>
En geometría el baricentro o centro de gravedad de una superficie contenida en una figura geométrica plana es un punto tal que cualquier recta que pasa por el, la divide en dos partes de igual momento respecto a dicha recta.

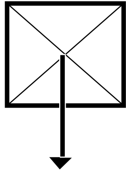
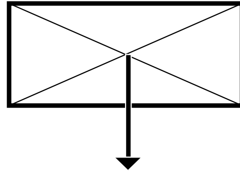
En física el baricentro de un cuerpo material coincide con el centro de las masas del mismo, cuando el cuerpo es homogéneo (densidad uniforme), o cuando la distribución de la materia en el cuerpo tiene ciertas propiedades tales como la simetría.

La gravedad es la fuerza teórica de atracción que experimentan entre sí los objetos con masa. Tiene relación con la fuerza que se conoce como peso. Los efectos dela gravedad son siempre atractivos y la fuerza resultante se calcula respecto al centro de gravedad de cada objeto.

<u>CENTRO DE GRAVEDAD:</u> (CG) es el punto de_aplicación de la resultante de todas las fuerzas de gravedad que actúan sobre las distintas masas materiales de un cuerpo.

El Centro de gravedad en las figuras regulares se encuentra en el cruce de las diagonales (fig. 3.18).

4 CARGAS

Ubicación del centro de gravedad
fig. 3.18



Museo Guhenheim - Bilbao
fig.3.19

DEFINICION

Carga es un agente físico capaz de producir estados tensionales en un cuerpo (esfuerzos).

Son fuerzas u otras solicitaciones que actúan sobre el sistema estructural y provienen del peso de todos los elementos permanentes en la construcción, los ocupantes y muebles, de los efectos ambientales y de los cambios dimensionales que se restringen. Las cargas permanentes son cargas que varían muy poco con el tiempo.

Se consideran como cargas de una estructura toda las acciones externas que producen en ella esfuerzos, deformaciones.

Origen de las cargas:

- Gravitación
- Fenómenos Naturales
- Agentes Mecánicos
- Otros

CARGAS GRAVITACIONALES

PESO W (fuerzas)

Se llaman también cargas verticales. Son la debidas a la acción de la gravedad sobre los cuerpos.

Pueden ser:

CARGAS MUERTAS

Son las cargas verticales debidas al peso de todos los elementos permanentes, ya sean estructurales o no. Incluyen todos los elementos de la construcción, como los muros, placas, cubiertas, cielos rasos, escaleras, equipos permanentes, tanques y sus contenidos y todas aquellas cargas que no son causadas por la ocupación y uso de la edificación. (Ver tabla No. 1).

Al calcular las cargas muertas deben utilizarse los pesos reales de los materiales. Debe ponerse especial cuidado en determinar los pesos representativos en éste cálculo.

CARGAS VIVAS

Son carga debidas al uso y ocupación de la edifiscación, las cargas de viento o sismo, llamadas también cargas ocasionales, los muebles, equipos, personas, divisiones móviles (fig.3.20).

Las cargas vivas que se utilicen en el diseño de la estructura deben ser las cargas máximas que se espera ocurran en la edificación, debidas al uso que ésta va a tener. En ningún caso estas cargas vivas utilizadas en el diseño estructural, pueden ser menores que las que se indican (TABLA No. 2).

Cargas en cubiertas

Las cargas vivas en cubiertas son aquellas causadas por materiales,



Carga viva fig.4.1

equipos y trabajadores utlizados en el mantenimiento y las causadas por objetos móviles y por las personas que tengan acceso a ellas, por el viento, el granizo, la lluvia y la nieve.

Empuje en pasamanos y en antepechos

Las barandas y pasamanos de escaleras y balcones, tanto exteriores como interiores y los antepechos, deben diseñarse para que resistan una fuerza horizontal de 75 k/m (kilos por metro

lineal) aplicada en la parte superior del elemento.

Cargas de impacto

Cuando una estructura queda sometida a carga viva generadora de impacto, la carga viva debe incrementarse en los siguientes valores:

- Soportes de elevadores y ascensores 100%
- Vigas de puente gruas con cabina de operación y sus conexiones 25%
- Vigas de puente gruas operados por control remoto y sus conexiones 10%
- Apoyos de maquinaria liviana movida mediante motor eléctrico o por un eje 20%

FENÓMENOS NATURALES

-Agentes Atmosféricos:
- viento:
- presión del aire
- succión del aire
- lluvia
- nieve
- granizo

- Agentes Térmicos
- dilatación
- contracción
- Movimientos Sísmicos

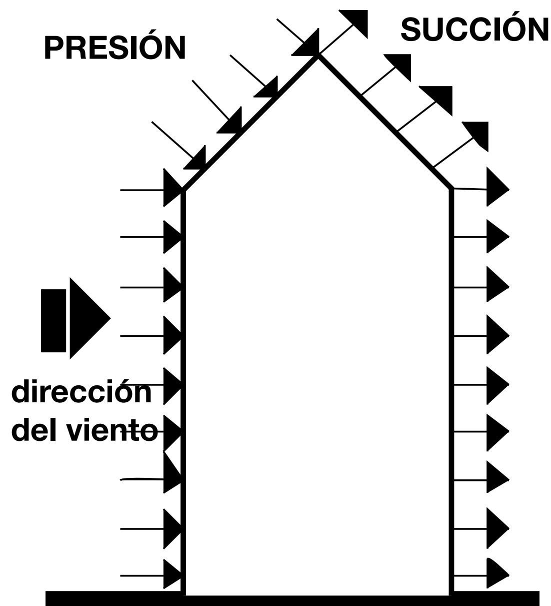
- Empuje de tierra - presión tierra
- Cargas hidrostáticas - presión fluídos



Empuje de tierra fig. 4.2

Viento

Se considera que actúa perpendicularmente a las superficies: en general se presenta en forma de torbellinos y su intensidad y variación dependen tanto del sitio como de la forma y altura de la edificación. Es importante tener en cuenta no solo la presión directa en las caras que reciben el viento, sino también la succión en las caras opuestas ((fig. 4.2).



Dirección del viento fig. 4.3

En las ciudades del interior de Colombia el viento no suele ser la fuerza determinante del diseño; sin embargo debe comprobarse que el edificio tenga la suficiente rigidez para que no se experimenten movimientos desagradables en los pisos superiores.

Agentes térmicos

- dilatación
- contracción

Temperatura

Si un cuerpo puede dilatarse libremente, sin obstáculos cuando varía la temperatura, no se presentan esfuerzos adicionales en él; si se impide esa libre dilatación, aparecen efectos adicionales.



Edificios de Manhathan fig. 4.4



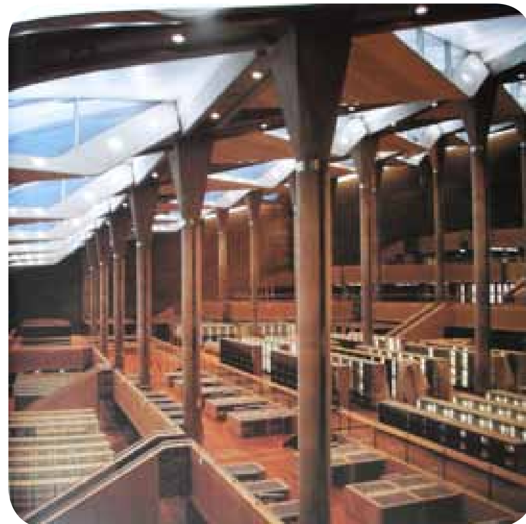
Presión de tierra fig, 4.5



Carga viva fig. 4.6



Carga viva sobre estructura neumática fig. 4.7



Carga viva fig. 4.8



Carga viva y muerta fig. 4.9



Carga viva fig. 4.10



Carga viva fig. 4.11



Carga viva fig. 4.12

TABLA No. 1

CARGAS MUERTAS DE DISEÑO					
CONCRETOS	**K/m^3**	**MADERAS**	**k/m^3**	**SUELTOS**	**k/m^3**
Ordinario(Simple)	2.300	Acacia (Olmo)	720	Arena	2,000
De Escoria	1200	Alamo	480	Cal viva	850
De piedra pomez	1100	Eucalipto	900	Cal apagada	1400
Reforzado	2400	Fresno	700	Cal en polvo	1000
Asfáltico	1900	Pino	600	Cemento	1400
MORTEROS	**k/m^3**	**METALES**	**k/m^3**	Yeso en polvo	1.250
De Cemento	2.100	Acero, Hierro	7.850	Yeso en terrones	1850
De Cal	1.900	Aluminio	2.700	**ROCAS**	**k/m^3**
MAMPOSTERIA	**k/m^2**	**CUBIERTAS**	**k/m^2**	Granito	2.800
Ladrillo Prensado tabicón 0.25	404	Teja asbesto cemento		Marmol	2.700
tabique 0.15	240	Placa ondulada	18	Piedra arenisca	2.400
Lad. hueco No. 4	91	Canaleta 43	30	**ACABADOS EN MUROS**	**k/m^2**
No. 5	120	Canaleta 90	22	Pañete esp. = 0.025	50
Sillería de piedra de 0.40	960	Teja barro sobre placa	75	espesor = 0.03	60
de 0.60	1.440	Teja barro sobre enmaderado	75	espesor = 0.04	80
ACABADOS EN PISOS	**k/m^2**	Madera impermeabilizada	20	Enchape madera	10
Afinado esp. = 0.05	100	Shingle sobre placa	10	Enchape cerámica	30
Alfombra	40	Pizarra	30	**ACABADOS EN CIELOS RASOS**	k/m^2
Asfalto espesor = 0.05	125	Pendientado losas cubierta	150	Mortero sobre malla	80-100
Madera entresuelo-listón- arriostramiento-cielo raso pañete	120	Teja lamina galvanizada-zinc	5	Mortero sobre guadua	40
Cerámica	30	Teja plástica	10	Acústicos	125
Granito	30	Teja de aluminio	5	Abesto cemento	15
Mosaico	30	Paja	10	Madera	10-50
Vinisol	10				
Baldosín de cemento	50				
Parquet	20				

TABLA No. 2

ALMACENES	**k/m^2**	**ESCALERAS** de oficinas y viviendas	300
Detal	350		
Por mayor	500	**FABRICAS**	
		Livianas	500
AZOTEAS Y TERRAZAS		Pesadas	1.000
Igual al resto de la edificación			
		GARAJES	
BIBLIOTECAS		Automóviles	250
Salas de lectura	200		
		HOSPITALES	
COLISEOS – ESTADIOS		Cuartos	200
Graderías	400	Salas de Operaciones	400
CUBIERTAS		**HOTELES**	200
Inclinadas igual o mayor a 15% de pendiente	35		
		OFICINAS	200
DEPOSITOS			
Livianos	500	**SALONES D E REUNION**	
Pesados	1.000	Con asientos fijos	500
		Sin asientos fijos	1.000
EDUCACION	**k/m^2**		
Escuelas, colegios universidades	200	**VIVIENDA**	**180**

Datos tomados de NSR-98 Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente Ley 400 de 1997 - Decreto 33 de 1998, para las Tablas Nos. 1 y 2

Cargas Sísmicas

Son las producidas por el movimiento vibratorio de la tierra. Constituyen quizás las cargas laterales de mayor importancia en una construcción. En general se originan por la liberación de energía en algún punto de la tierra, la cual es transmitida por movimientos ondulatorios que al atravesar las diferentes capas de la tierra van cambiando de dirección y de características. Según el sismólogo inglés Milne, en la tierra ocurren unos 80.000 movimientos sísmicos por año, de los cuales unos 25.000 se presentan en las plataformas continentales y el resto en el mar, en donde originan los llamados maremotos o tsunamis y apenas uno por mil de los sismos continentales son de consideración.

El punto donde se origina el sismo se llama hipocentro o foco y el correspondiente punto en la superficie se llama epicentro (fig 4.13). A medida que las ondas se apartan del hipocentro, sus períodos de vibración tanto de las componentes longitudinales como transversales van aumentando y su efecto sobre las edificaciones es menor .

Un movimiento sísmico se caracteriza por su aceleración, su velocidad y su desplazamiento, que son erráticos en dirección, magnitud, duración y secuencia; de ahí las dificultades que presenta el diseño antisísmico, pues es muy dificil predecir la índole e intensidad de los sismos que puedan presentarse en una determinada localidad.

Cuando se produce un sismo, los edificios entran en vibración y como consecuencia de ello se producen fuerzas de inercia, fuerzas de amortiguación y fuerzas de rigidez.

Estas fuerzas tienen que estar en equilibrio en cada piso; para comprobar esto, se le aplican al edificio un grupo de fuerzas horizontales que simulan el efecto de un sismo.(fig 4.15).

La intensidad de esas fuerzas y la forma como se reparten en la altura del edificio dependen de la concentración de la cargas muertas en cada piso y de las características físicas de la estructura. Una estructura elástica recibirá fuerzas menores que una rígida.

Puesto que los sismos se presentan en cualquier dirección, es necesario que la estructura esté diseñada para esta circunstancia desfavorable. Aunque se ha investigado mucho últimamente sobre el efecto de los sismos en los edificios, todavía no se sabe la influencia de las características del suelo en el comportamiento de las estructuras.
En Colombia las zonas sísmicas de más intensidad son los Santanderes

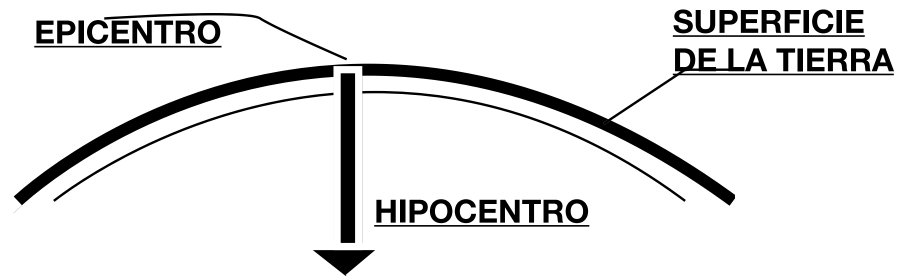
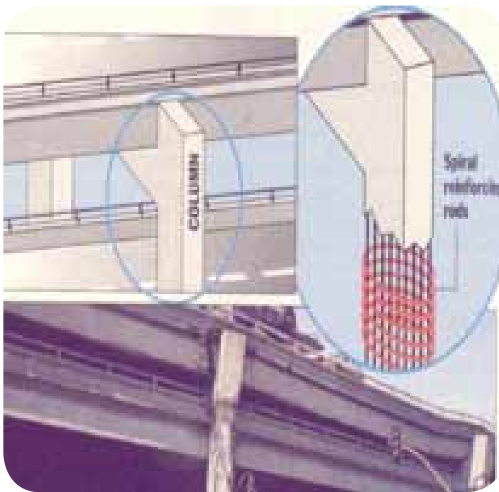
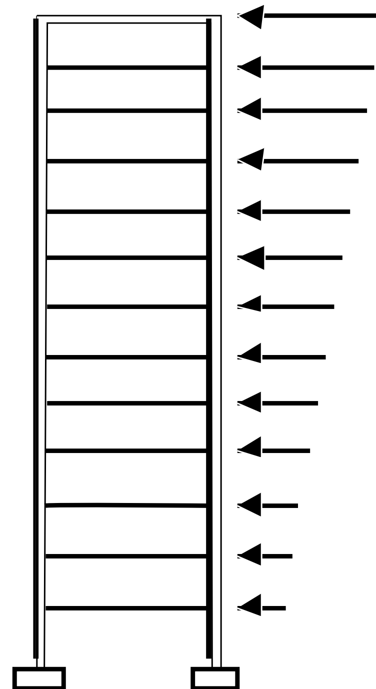


fig 4.13



Daños en autopista fig. 4.14



Simulación de las fuerzas que actúan durante un sismo fig. 4.15

(Bucaramanga y Cúcuta), Bogotá, Huila (Neiva), Caldas (Manizales), Quindío (Armenia). Nariño (Pasto), Valle (Cali), Antioquia (Medellín), en menor grado la Costa Atlántica y los Llanos orientales. El mapa sísmico y tectónico de Colombia dá una idea clara de la concentración de las fallas en el país.



Efectos en edificio de 7 pisos
fig. 4.16



Daños en viaducto fig. 4.17



Efectos de un sismo
fig. 4.18



Daño en columna
fig. 4.19



Efectos en edificio de
3 pisos fig. 4.20

Empuje de tierra y Cargas Hidrostáticas
Son las cargas debidas a fluídos de los cuales se conoce su peso específico, su presión y su máxima variación en altura.

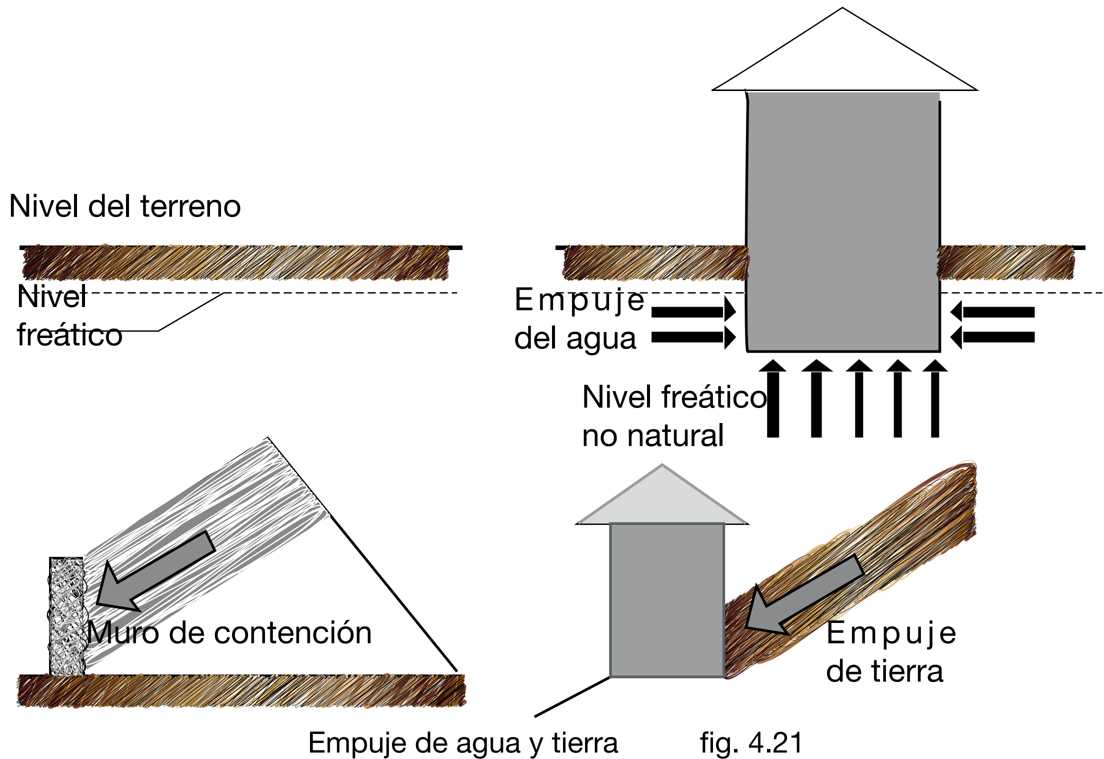


fig. 4.21

AGENTES MECÁNICOS

Las cargas debidas a agentes mecánicos pueden ser vibraciones permanentes y a impactos o movimientos fuertes de alguna maquinaria instalada dentro de la edificación.

- vibraciones
- impacto
- rozamiento

Otras cargas

Son las fuerzas y efectos causados por la contracción debida a:

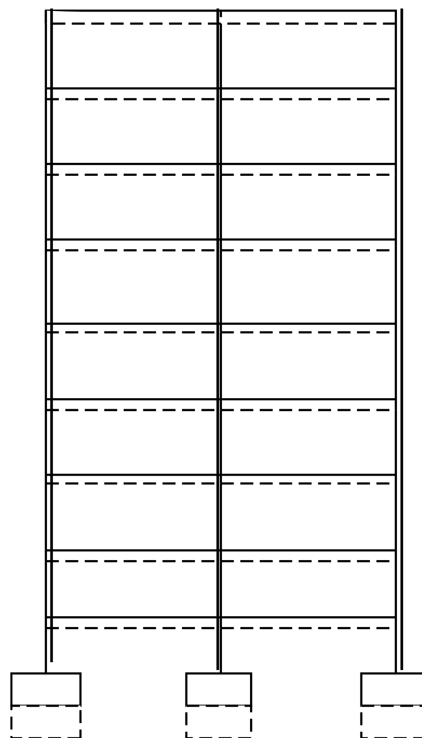
- retracciones de fraguado
- cambios de humedad
- asentamientos diferenciales
- o a la combinación de varios de éstos

-Asentamientos

A veces se presentan asentamientos de las fundaciones, bien por diferencias en la conformación del terreno, bien porque las cargas de las columnas sean muy distintas entre sí y no se hayan tomado precauciones suficientes para igualar los asentamientos. Normalmente toda edificación sufre asentamientos, pero lo importante es que, ni sean excesivos, ni sean muy diferentes entre sí (figs. 4.17 y 4. 18).

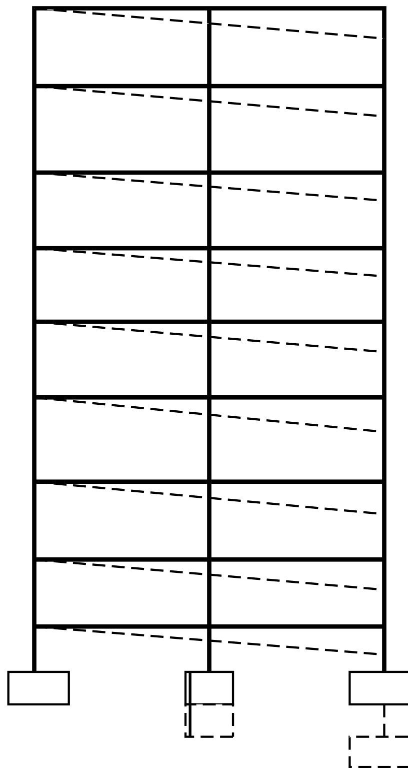
EFECTOS DE LAS CARGAS

Son las deformaciones y fuerzas internas que producen las cargas externas en los elementos estructurales.



Asentamientos parejos
fig. 4.22

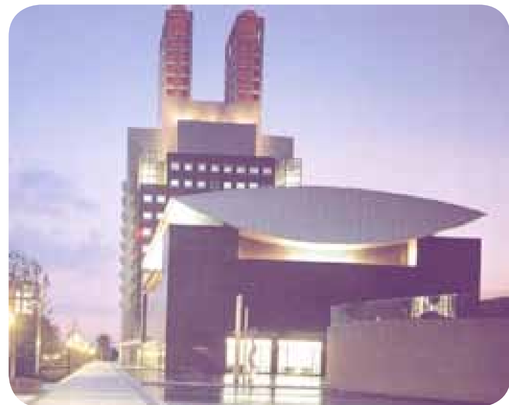
Es necesario estudiar muy cuidadosamente el “transporte” de las cargas verticales, tanto en planta como en alzado (o elevación) pues son las cargas de más inmediata ocurrencia en una estructura. Basta con hacer esquemas sencillos basados en la estática elemental para encontrar el área aferente aproximada de cada columna



Asentamientos diferenciales
fig. 4.23



Cubierta suspendida mediante cables fig. 4.24



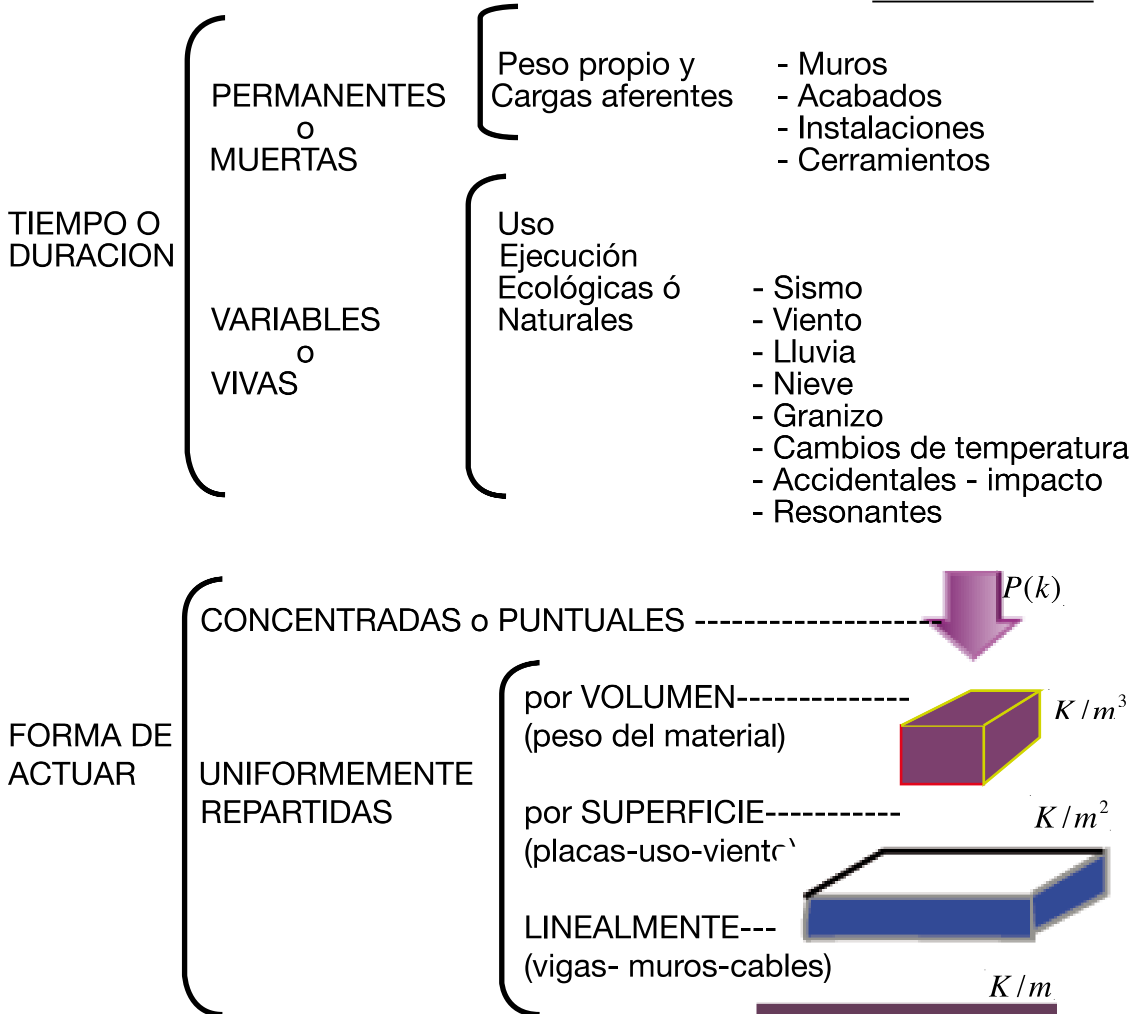
Cargas muertas fig. 4.25

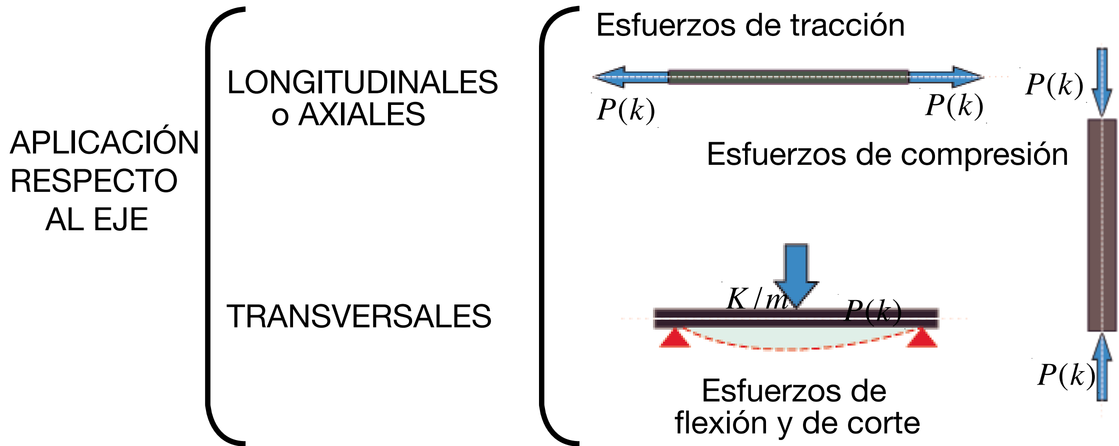
y llegar así fácilmente a la carga total que soporta cada una y así, si se va a realizar un predimensionamiento, llegar rápidamente a él. También sirven para estudiar y determinar cuáles son las posibles deformaciones y fuerzas internas que producen las cargas en los elementos estructurales.

CLASIFICACION DE LAS CARGAS

Las cargas se clasifican por su:

TABLA No. 3





5 SISTEMA PORTANTE

Elemento o conjunto de elementos, interactuantes capaces de soportar y transmitir cargas.

ACCION
Es el efecto que se produce en el elemento al aplicarle una carga

REACCION
Es la respuesta que aparecen en el apoyo cuando se aplica una carga.

APOYOS
Es el elemento o vínculo del sistema que sirve para transferir o trasladar las cargas de un elemento a otro.

Los apoyos se clasifican como:

ARTICULADO DESLIZABLE o Apoyo de primer grado.

Restringe un efecto y genera un solo tipo de reacción restringe el desplazamiento en un solo sentido (figs. 5.1 y 5.2).



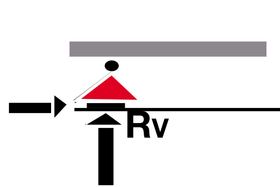
Apoyo articulado deslizable o de primer grado fig. 5.1

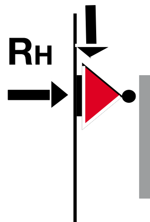
ARTICULADO NO DESLIZABLE: o Apoyo de segundo grado (figs. 5.3 y 5.4)

Restringe dos efectos y genera dos tipos de reacciones - no permite desplazamiento ni vertical ni horizontal.

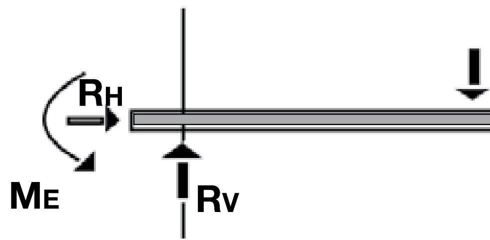
EMPOTRAMIENTO o Apoyo de tercer grado (fig. 5.5).

Restringe tres efectos y genera tres tipos de reacciones - no permite desplazamiento vertical, horizontal ni giro.





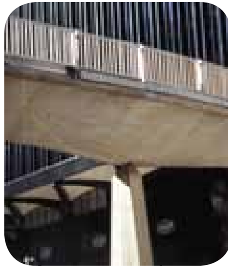
Apoyo articulado no deslizable o de segundo grado fig. 5.2



Empotramiento o apoyo de tercer grado fig.5.3



Viga simplemente apoysda fig.5.4



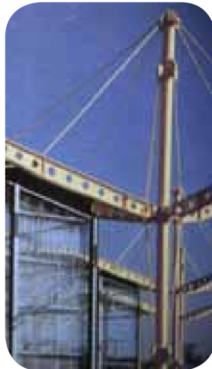
Apoyo articu-
lado fijo
fig 5.5



Apoyo articulado
fijo y deslizable
fig. 5.6



Apoyo articulado fijo
fig. 5.7



Apoyo articulado fijo
fig 5.8



Apoyo articulado fijo
y empotramiento
fig 511



Apoyo articulado
fijo fig. 5.9



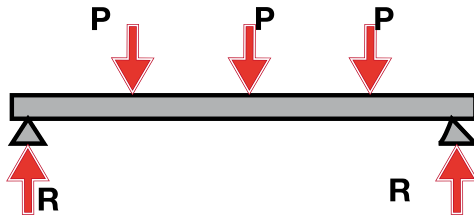
Apoyo articula-
do fijo fig 5.10



Apoyo empotrado
fig 5.12

Las fuerzas pueden ser **Fuerzas Externas** o **Fuerzas Internas.**

Fuerzas externas
Una fuerza aplicada sobre un cuerpo es llamada fuerza externa; las cargas y las fuerzas de reacción constituyen las fuerzas externas. (fig. 5.4).



Fuerza externas fig. 5.13

Fuerzas internas
Las fuerzas externas producen fuerzas internas en el elemento portante.

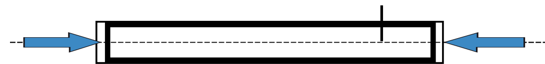
Fuerzas internas son las fuerzas que actúan sobre la sección.

La resistencia al cambio de movimiento o cambio de forma que presenta el cuerpo sobre el cual se aplica la fuerza, se llama FUERZA INTERNA.

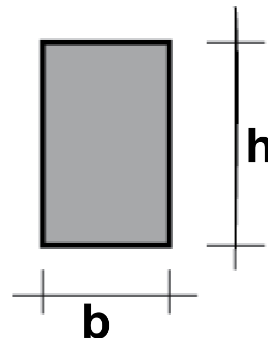
Las deformaciones y esfuerzos que se producen en los elementos estructurales son debidos a la acción de las cargas externas fig. 5.5).

Una fuerza externa actúa sobre la sección (fig. 5.6), de un elemento portante, esta fuerza fluye a traves del elemento portante hasta el apoyo y alli encuentra su reacción.

Las fuerzas Externas y las Internas estan en equilibrio solo cuando el elemento portante puede soportarlas



Barra sometida a compresión
Fuerzas internas fig. 5.14



Area de la sección **b x h** cm2

fig. 5.15

MOMENTO

El efecto producido sobre un cuerpo por una fuerza de magnitud y dirección dadas, depende de la posición de la línea de acción de la fuerza. La distancia desde un punto dado a la línea de acción de una fueza se denomina brazo de la fuerza o brazo de momento de la fuerza,

M = P x d (kg-m)(kilográmetro)

ESFUERZO o TENSIÓN

Es la fuerza que actúa por unidad de superficie. Cuando se estudian las fuerzas que actúan en la sección de un elemento es necesario tener claro el concepto de Esfuerzo o Tensión.

Al considerar un trozo elemental de la sección, se supone que la fuerza actúa uniformemente distribuida sobre ella, por lo cual la tensión en esta área será σ igual a la fuerza F dividida por el área.

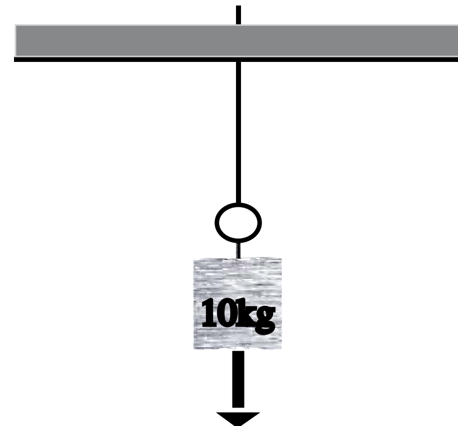
ESFUERZO DE TRACCION

Es el esfuerzo producido por la acción de dos fuerzas longitudinales divergentes, que actúan sobre una misma línea de acción; producen alargamiento y adelgazamiento figs. 5.7 y 5.8).

$$\sigma = \frac{F}{A}(kg/cm^2)$$

Los dos tipos principales de estructuras que trabajan a la tracción son los Cables y las membranas.

La forma más sencilla de cable es el tirante vertical sujeto en el extremo superior y con una carga gravitando abajo

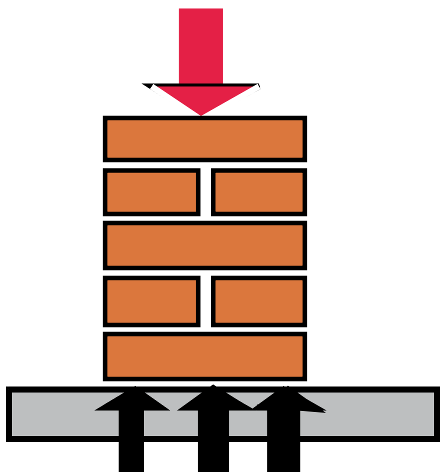


Esfuerzo de tracción
fig. 5.16

ESFUERZO DE COMPRESIÓN

Es el esfuerzo producido por la acción de dos fuerzas longitudinales convergentes, que actúan sobre la misma línea de acción; producen acortamiento y ensanchamiento en los elementos cortos (fig. 5.9) y si el elemento es largo o esbelto se produce además PANDEO.

Fórmula para el esfuerzo de compresión para un elemento corto. $\sigma = \frac{F}{A}(kg/cm^2)$



Elemento corto sometido a compresión fig. 5.17

El pandeo es un fenómeno de inestabilidad elástica que puede darse en elementos esbeltos sometidos a compresión y que se manifiesta por la aparición de desplazamientos importantes transversales a la direccieon principal de compresión.Este fenómeno aparece principalmente en pilares y columnas.

- ESBELTEZ.

La esbeltez es una característica mecánica de los elementos estructurales que relaciona la rigidez de la sección transversal de una pieza prismática con su longitud total (figs. 5.11 y 5.12).

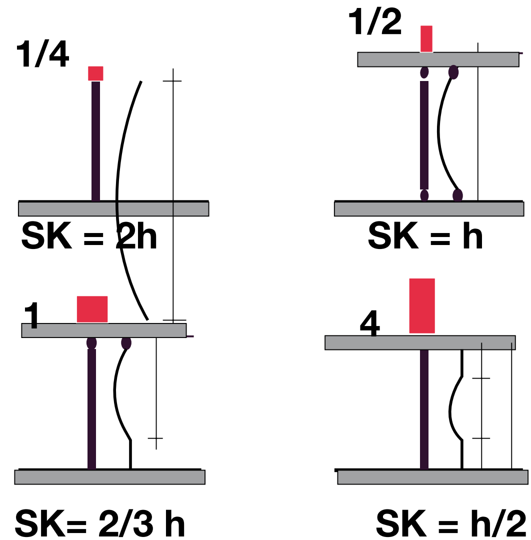
Además se distingue entre los valores de esbeltez natural, dependientes solo de las propiedades geométricas y mecánicas de la barra y esbeltez efectiva la cual tiene en cuenta también las condiciones de enlace o sujeción en los extremos de la barra.

Si sobre una barra esbelta recta se aplica un esfuerzo normal de compresión, además de acortamiento de la misma aparece una deflexión desde la forma recta, lo cual se conoce como PANDEO. La magnitud de ese efecto depende de la esbeltez mecánica.

La esbeltez es la relación que existe entre la sección de la barra, su longitud y su sistema de apoyo.

Generalmente en muchos edificios las columnas de la planta baja poseen mayor altura que las de los pisos superiores por lo cual tienen más posibilidades de sufrir pandeo y además teniendo en cuenta que son las más cargadas, su esbeltez las hace mas susceptibles de presentar pandeo.

Las columnas trabajan generalmente a la compresión, en el caso de las columnas de acero su resistencia a este esfuerzo es elevada, por ello las secciones necesarias son mas pequeñas que en el caso del concreto. Por lo general las columnas metálicas son muy esbeltas por lo cual su sección resistente es superior a las requeridas por el esfuerzo axial al cual están sometidas.



Casos de Euler fig. 5.18

SK = longitud de pandeo

En edificios de altura, con grandes luces y cargas considerables, el riesgo del pandeo es considerable.

$$\sigma = \frac{F}{A} \bullet W\,(kg/cm^2)$$

- LEY DE HOOKE

Las deformaciones son proporcionales a los esfuerzos

Euler desarrolló la Ley sobre el pandeo de soportes verticales y generó una teoría con su trabajo sobre la carga crítica de las columnas fig. 5.10).

La fórmula de Euler para las columnas largas determina el valor de la carga crítica que ocasiona la falla por pandeo,



Columnas largas conformadas por dos elemento para evitar el pandeo fig. 5.19



Columnas largas en madera fig. 5.20

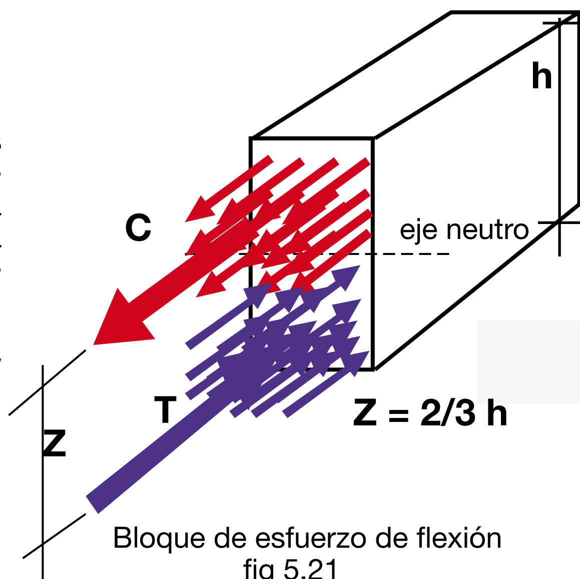
ESFUERZO DE FLEXIÓN

Es el esfuerzo producido por la acción de fuerzas transversales al elemento, que producen deflexión.

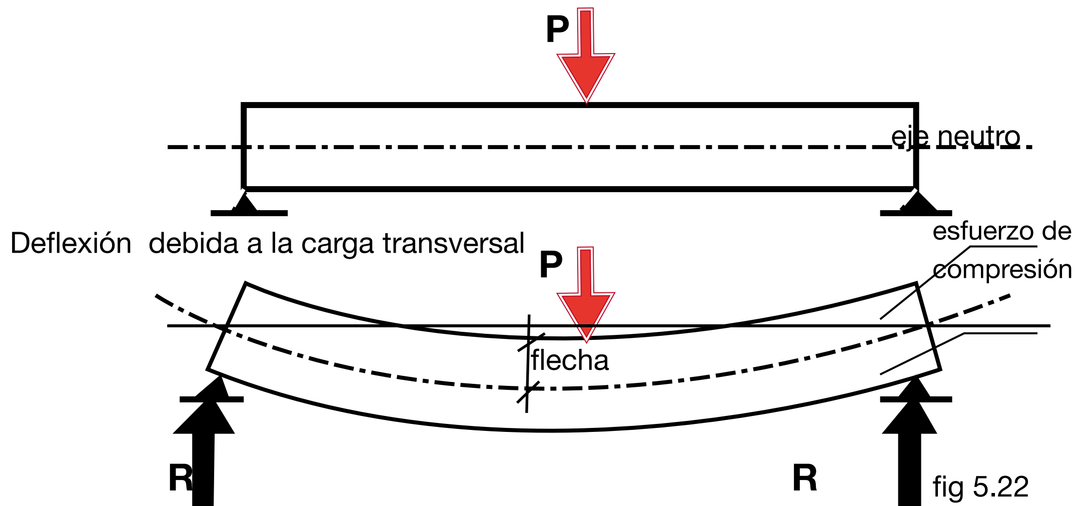
La característica de este esfuerzo es la presencia simultánea de los esfuerzos de tracción y de compresión. La deflexión o flecha es la ordenada de a línea elástica o deformación transversal figs. 5.13, 5.14, 5.15, 5.16 y 5.17).

M = Momento máximo flector - w = módulo de la sección

$$\sigma = \frac{M}{w}(kg/cm^2) \qquad w = \frac{b \otimes h^2}{6}(cm^3)$$

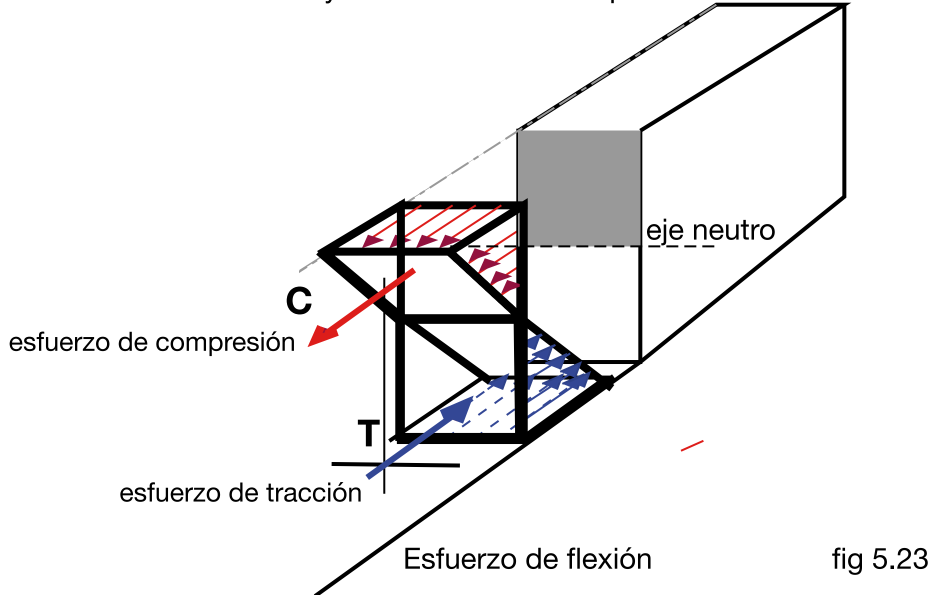


Bloque de esfuerzo de flexión fig 5.21



Se mejora la rigidez del elemento y la deflexión no se presenta

Esfuerzo de flexión y deflexión causados por la fuerza transversal



ESFUERZO DE CORTE:
Es el esfuerzo producido por la acción de las cargas al momento de llegar al apoyo.

Corte Transversal Puro
En la ménsula de apoyo de la viga se produce un esfuerzode corte puro en la sección
b x h por efecto de la fuerza transversal. (figs. 5.18, 5.19 y 5.20).

$$\tau = \frac{V\max}{A}(kg/cm^2)$$

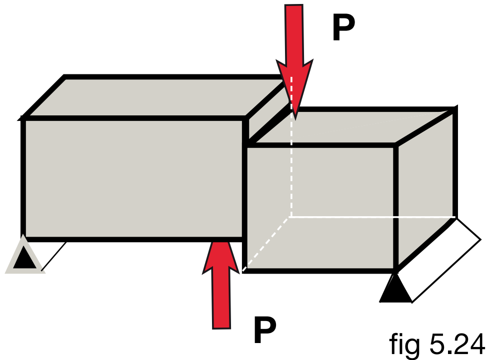


fig 5.24

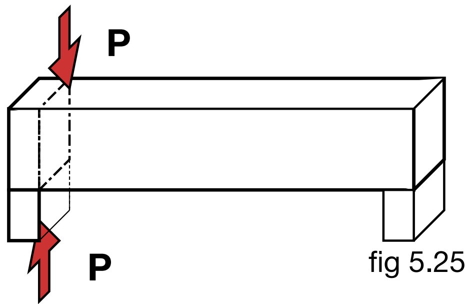


fig 5.25



Cubierta en voladizo sostenida con cable de acero fig. 5.26

DEFORMACION

Es la variación (alargamiento, adelgazamiento, acortamiento, pandeo, deflexión, cizallamiento otorsión) que sufre un elemento por la acción de las fuerzas al producirse un esfuerzo en el.

La cantidad de la deformación se mide mediante la Flecha.
f = flecha (cm)

TABLA No. 4

Fuerza Externa	Fuerza Interna Deformación	Esfuerzo	Formula Unidades
	Longitudinal Alargamiento Adelgazamiento	Tracción	$\frac{F}{A}(kg/cm^2)$
	Longitudinal Acortamiento Ensanchamiento PANDEO	Compresión	$\frac{F}{AW}(kg/cm^2)$
	Transversal Deflexión	Flexión	$\frac{M}{w^2}(kg/cm^2)$
	$\frac{V}{b.h}(kg/cm^2)$ Transversal	Corte	$\frac{V}{b.h}(kg/cm^2)$

6 REQUISITOS ESTATICOS DEL SISTEMA PORTANTE

- EQUILIBRIO – ESTABILIDAD - RIGIDEZ – RESISTENCIA

EQUILIBRIO
Garantiza que no se moverán ni el conjunto ni sus partes. A toda acción se opone una reacción, de igual magnitud y de sentido contrario.

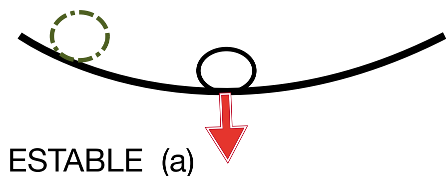
Cuando varias fuerzas actúan simultáneamente sobre un cuerpo, sus efectos pueden compensarse entre si, dando como resultado que no haya cambio ni en su movimiento de traslación ni en el de rotación. Cuando sucede esto se dice que el cuerpo está en equilibrio, lo que significa:

- Que el cuerpo en conjunto o permanece en reposo o se mueve en línea recta a velocidad constante;

- Que el cuepo no gira o que lo hace con velocidad constante.

El equilibrio puede ser:

Estable
Ante una fuerza el sistema cambia de posición pero al cesar esta vuelve a su posición inicial (fig. 6.1 (a)).





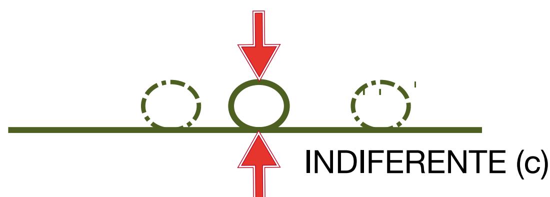


fig 6.1

Inestable
La acción de una fuerza hace que cada vez se aleje más de su posición inicial (fig. 6.1 (b)).

Indiferente
Ante la acción de una fuerza cambia de posición y al cesar ésta permanece en la nueva (fig. 6.1 (c)).

Ecuaciones de equilibrio:

- Todas las fuerzas verticales deben ser ontrarrestadas....................
$\sum Fv = 0$

- Todas las fuerzas horizontales deben ser contrarrestadas ....
$\sum Fh = 0$

- Todos los Momentos (giros) deben ser contrarrestados ....
$\sum M = 0$

ESTABILIDAD
Garantiza que el sistema nó se moverá con respecto al medio en que se encuentra. Que no se vuelque, que no se hunda, que no se desplace.

No hay estabilidad si se presentan:
- Asentamientos,
- Deslizamientos, o
- Vuelco

- ESBELTEZ
La esbeltez es una característica mecánica de los elementos estructurales que relaciona la rigidez de la sección transversal de una pieza prismática con su longitud total.

Además se distingue entre los valores de esbeltez natural, dependientes solo de las propiedades geométricas y mecánicas de la barra y esbeltez efectiva la cual tiene en cuenta también las condiciones de enlace o sujeción en los extremos de la barra.

- Esbeltez flexional.- si sobre una barra esbelta recta se aplica un esfuerzo normal de compresión, además de acortamiento de la misma aparece una deflexión desde la forma recta, lo cual se conoce como PANDEO. La magnitud de ese efecto depende de la esbeltez mecánica.

La esbeltez se define por la relación que existe entre la sección de la barra, su longitud y su sistema de apoyo.

Las columnas trabajan generalmente a la compresión, en el caso de las columnas de acero su resistencia a este esfuerzo es elevada, por ello las secciones necesarias son mas pequeñas que en el caso del concreto. Por lo general las columnas metálicas son muy esbeltas por lo cual su sección resistente es superior a las requeridas por el esfuerzo axial al cual están sometidas.

En edificios de altura, con grandes luces y cargas considerables, el riesgo del pandeo de las columnas es considerable.

RIGIDEZ
Es la propiedad que tiene un material, un elemento o un conjunto de elementos de restringir las deformaciones que tienden a producir los estados tensionales o esfuerzos.

- La rigidez es inversamente proporcional a la deformación.

- La rigidez de un material tiende a oponerse a la deformación

- Debe comprobarse la rigidez del material en el Laboratorio mediante pruebas específicas.

- Debe comprobarse la rigidez del elemento estudiando su sección, su forma, sus dimensiones, el área y la relación de sus dimensiones y sus apoyos. (ver cuadro de propiedades de la Sección) (fig. 6.3)..

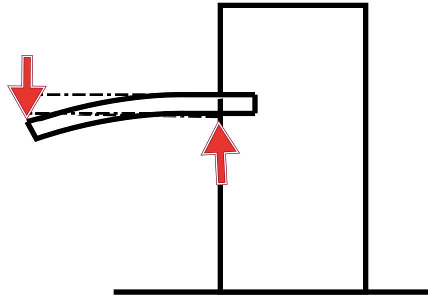
- Los coeficientes de rigidez son magnitudes físicas que cuantifican la rigidez de un elemento resistente bajo diversos estados de carga. Normalmente las rigideces se calculan como la razón entre una fuerza aplicada y el desplazamiento obtenido por la aplicación de esas fuerzas. Cuanto mayor sean las dimensiones de la sección transversal, mayores serán las fuerzas necesarias para deformarla.

- La rigidez de un material se evalúa mediante su MODULO DE ELASTICIDAD (E).

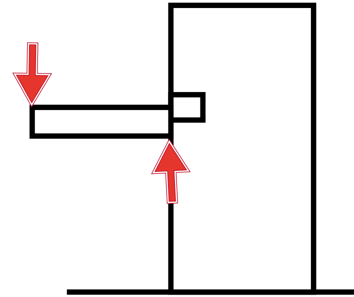
RESISTENCIA
Es la capacidad que tiene el material del cual está(n) hecho(s) un elemento o un conjunto de elementos, para oponerse a la separación de sus partículas ante la acción de fuerzas internas. Es el comportamiento ante la rotura o sea la capacidad de soportar y transmitir las cargas sin romperse.

La resistencia de un elemento se define como su capacidad para resistir esfuerzos y fuerzas aplicadas sin romperse, adquirir deformaciones permanentes o deteriorarse de algún modo (fig. 6.2).
- La evaluación de la resistencia de un material está en función de la magnitud de la fuerza por unidad de área (ESFUERZO) que es capaz de soportar:

Del material:
- Esfuerzo de compresión - kg / cm2
- Esfuerzo de tracción - kg / cm2
- Esfuerzo de Flexión - kg / cm2
- Esfuerzo de Corte - kg / cm2



Elemento no rígido pero resistente
fig 6.2



Elemento rígido no resistente fig 6.3

$$Esfuerzo = \frac{Fuerza}{Área}(k/cm^2)$$

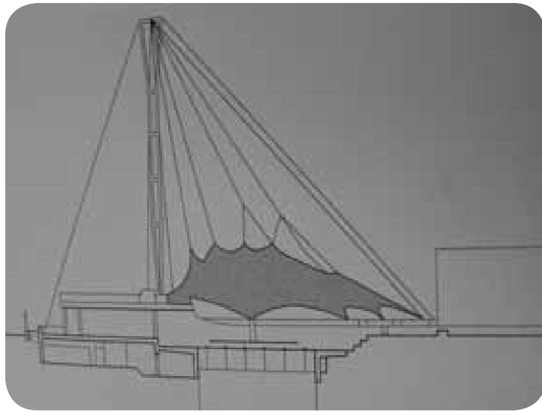
- Debe comprobarse la resistencia del elemento
- Debe comprobarse la resistencia del conjunto.

OTROS REQUISITOS
Los siguientes son otros requisitos que deben tenerse en cuenta cuando se esté planteando una construcción portante:

FUNCIONALIDAD
La estructura o el sistema portante debe corresponder al uso o destino. El diseño arquitectónico y la propuesta estructural deben desarrollarse paralelamente para lograr una solución integrada.

ESTÉTICA
La estética influye directamente sobre la estructura ya que el Arquitecto al imponer sus postulados estéticos al Ingeniero, fija a menudo limitaciones importantes al Sistema Estructural (fig. 6.5).

ECONOMIA
Se refiere a la transmisión directa de las cargas sin que tengan que hacer recorridos innecesarios. Además que los materiales que se escojan deben ser los idóneos para la obra que se va a adelantar.



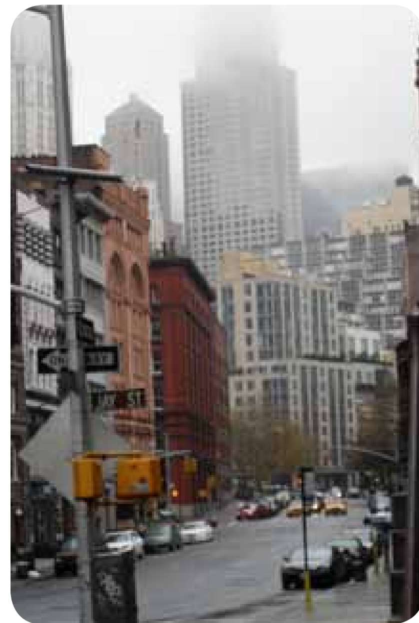
Cables sometidos a tracción
fig. 6.4



Estructura en madera - cielo raso en madera fig. 6.5



Edificios en Vancouver
fig. 6.6



Edificios en Nueva York
fig. 6.7

TABLA No. 5

FUERZAS EXTERNAS				ESFUERZOS	DEFORMACIONES
CARGA	Viva	Volúmen	LONGITUD TRASVER	TRACCION	Alargamiento - Adelgazamiento
	Muerta	Super-ficie		COMPRE-SION	Corto -Acortamiento Largo - (Esbeltez) PANDEO
	Viento	Puntual		FLEXION	Deflexión
	SISMO	Lineal		CORTE	Cizallamiento
	Temper.			TORSION	Torcedura

REACCIONES Y APOYOS	RESISTENCIA	RIGIDEZ
EQUILIBRIO	**MATERIAL**	E = MATERIAL Módulo de Elasticidad
$\sum F_V = 0$	σTracción - σCompresión - τCorte	
	ELEMENTO Y CONJUNTO	I Sección Momento de inercia
$\sum F_H = 0$	A - AREA sección	
	L - LONGITUD	L Longitud del tramo mayor
$\sum M = 0$	APOYOS y CARGAS	
		APOYOS

S I S T E M A   P O R T A N T E

7 BIBLIOGRAFÍA

- Allen, E. *COMO FUNCIONA UN EDIFICIO*, Principios Elementales, E. Gustavo Gilli
- *CARTILLA DE LA CONSTRUCCION CON MADERA*, Junta del Acuerdo de Cartagena, PADT, REPORT, JUNAC
- *CUADERNOS DE TRABAJO.* Departamento Construcción Facultad Artes, Universidad Nacional,
- Otto, Frei. *CONSTRUCCION DE EDIFICIOS*, Labor, Buenos Aires
- Blum, G.H . *TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION*, Blum, Madrid
- Mansbridge, John, *HISTORIA DE LA ARQUITECTURA*, E. Victor Laru, Buenos Aires
- Hodgkinson, Ed. Allan. *MANUALES A.J., ESTRUCTURAS,* H. Blume Ediciones, Rosario 17, Madrid
- N.S.R. *NORMAS COLOMBIANAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE*, Ley 400 de 1997, Decreto 33 de 1998, AIS
- Sears y Zemansky, *FISICA GENERAL*, Ed. Aguilar, Madrid
- S. Timoshenko y D.H. Young, *MECANICA TECNICA*, Librería Hachette S.A, Buenos Aires
- Waarland, E.G. *CONSTRUCCION MODERNA EN BARCELONA.* Gustavo Gilli

CRÉDITOS FOTOGRÁFICOS FUENTES y DIBUJOS

- Constanza Murcia : figs. 4.1, 4.4, 4.6, 4.10, 4.11, 4.12, 4.24, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.11, 5.12, 5.19, 5.26, 6.6 y 6.7
(Dibujos tomados de - Revista Escala, Como Funciona un Edificio y Cuadernos de Trabajo y adaptados o modificadps por la autora) figs. 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12, 3.13, 3.14, 3.15, 3.16, 3.17, 3.18, 4.3, 4.5, 4.7, 4.13, 4.14, 4.15, 5.2, 5.3, 5.13, 5.14, 5.15, 5.16, 5.17, 5.18, 5.21, 5.22, 5.23, 5.24, 5.25, 6.1, 6.2 y 6.3

- Natalia Onatra fig. fig. 5.20

- Davies, Richard: foto Arquitectura del Siglo XX: fig. 5.8

- Revista TIME internacional No. 44 Octubre 30, 1989.(pags. 8 a 25) figs. 4.14, 4.16, 4.17, 4.18, 4.19 y 4.20

- Europen Masters Annual of Architecture 1 y 2. Fifs. 2.1, 2.2, 2.3, 3.19, 4.2, 4.5, 4.7, 4.8, 4.9, 5.9, 5.10, 6.4 y 6.5